

## STABILISASI TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN CAMPURAN LARUTAN NaOH 7,5 %

Andreas Gunarso, Rizqi Nuprayogi, Windu Partono <sup>\*)</sup>, Bambang Pardoyo <sup>\*)</sup>

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239, Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

### ABSTRAK

*Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan, yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat yang buruk. Sifat-sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar suatu bangunan atau konstruksi, antara lain plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampatan atau perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar. Berbagai cara digunakan untuk memperbaiki kekuatan dari tanah lempung ekspansif, diantaranya dengan penambahan bahan kimia (stabilisasi secara kimiawi). Untuk mengatasi permasalahan yang ada pada tanah lempung ekspansif maka diadakan penelitian dengan menggunakan soda api (NaOH) sebagai bahan stabilisasinya. Sampel tanah lempung ekspansif diambil dari daerah Godong – Purwodadi Km ± 49, Jawa Tengah. Komposisi campuran soda api (NaOH) sebesar 7,5 %. Hasil penelitian menunjukkan bahan stabilisasi soda api (NaOH) belum dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lempung ekspansif. Pada sifat fisik : berat volume, kadar air, berat jenis, dan batas-batas Atterberg mengalami kenaikan setelah distabilisasi.*

**Kata kunci:** tanah lempung ekspansif, soda api (NaOH), stabilisasi, sifat-sifat fisik, sifat-sifat mekanik.

### ABSTRACT

*Soil is the foundation of a structure or construction, both building and road, which often cause problems if it has a bad traits. The bad traits of soil and less profitable when used as the foundation of a building or construction, including a high plasticity, low shear strength congestion or large volume change, and great shrinkage's potential. Many way used to improve the strength of expansive clay, such as by the addition of chemicals (chemical stabilization). To overcome the problem that exist in the expansive clay conducted research using sodium hydroxide (NaOH) as a stabilization material. Expansive clay soil samples taken from the area Godong – Purwodadi, Central Java. The composition of the mixture of sodium hydroxide (NaOH) is 7.5%. The results show that stabilization using sodium hydroxide (NaOH) can not improve the physical and mechanical properties of expansive clay. On the physical properties such as volume weight, water content, density, and the Atterberg's limits rose after stabilized.*

**Keywords:** expansive clay soils, NaOH, stabilization, fisik behaviour, mechanic behaviour.

---

<sup>\*)</sup> Penulis Penanggung Jawab

## **PENDAHULUAN**

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada jalan dan gedung, seperti terangkat atau turunnya suatu pondasi, keretakan dinding bangunan, dan bergelombangnya permukaan jalan, disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada di bawah struktur suatu bangunan.

Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunan (*settlement*) saja tetapi mencakup secara menyeluruh, seperti penyusutan dan pengembangan tanah. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur yang dibangun diatasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah. Beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus untuk dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah lempung ekspansif. Disebut demikian karena tanah jenis ini umumnya mempunyai fluktuasi kembang susut yang tinggi dan mengandung mineral yang mempunyai potensi mengembang (*swelling potential*) yang tinggi bila terkena air. Sehingga diperlukan penanganan khusus untuk menanggulangi masalah-masalah yang nantinya akan timbul apabila bangunan atau jalan terletak diatas tanah lempung ekspansif.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada umumnya yang disebut dengan lapisan tanah yang lunak adalah lempung atau lanau yang mempunyai nilai pengujian *standart penetration test* lebih kecil dari 4 atau tanah organik seperti gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi. Dilihat dari mineral pembentuknya, tanah lempung dapat dibagi menjadi tanah lempung ekspansif dan lempung non-ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air. Hal ini dikarenakan tanah ekspansif mengandung jenis-jenis material tertentu yang mengakibatkan tanah ekspansif mempunyai luas permukaan cukup besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah besar.

### **Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah adalah *Unified Soil Clasification System* (USCS). Sistem ini didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi sukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitasnya. Disamping itu, terdapat sistem lainnya yang juga dapat digunakan dalam identifikasi tanah seperti yang dibuat oleh *American Association of State Highway asnd Transportation Officialss Classification* (AASHTO) , *British Soil Classification System* (BSCS), dan *United State Departement of Agriculture* (USDA).

### **Identifikasi Tanah Lempung**

Analisa mineralogi sangat berguna untuk mengidentifikasi potensi kembang susut tanah lempung. Identifikasi dilakukan dengan cara :

1. Difraksi sinar X (*X-Ray Diffraction*)
2. Penyerapan terbilas (*Dye Absorbsion*)
3. Penurunan panas (*Differensial Thermal Analysis*)
4. Analisa kimia (*Chemical Analysis*)

### 5. Elektron Microscope Resolution

#### Karakteristik Tanah Lempung Lunak

Beberapa karakteristik mineral lempung adalah sama. Bowles (1989) menerangkan bahwa mineral-mineral pada tanah lempung umumnya mempunyai sifat-sifat hidrasi, aktivitas, flokulasi dan dispersi, kembang susut.

#### Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif

Tanah ekspansif adalah tanah yang mempunyai potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan sistem kadar air tanah. Tanah ini apabila terjadi peningkatan kadar air tanah akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan. Apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Kembang susut terjadi sebagai akibat adanya perubahan system tanah-air yang mengakibatkan terganggunya keseimbangan gaya-gaya dalam.

Beberapa mineral yang biasa terdapat pada tanah ekspansif adalah *kaolinite*, *illite* dan *montmorillonite*. Ketiganya merupakan bentuk kristal Hidros Aluminium Silikat, namun ketiganya mempunyai sifat-sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan yang lainnya. Perbedaan komposisi kimia dan struktur kristal pada mineral memberikan beberapa kelemahan untuk mengembang. Pengembangan terjadi ketika air meresap diantara partikel lempung, sehingga menyebabkan terpisahnya partikel.

Lempung ekspansif merupakan lempung yang memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas pertukaran ion tinggi, sehingga lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi, apabila terjadi perubahan kadar air. Pada peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori.

Ada beberapa cara untuk mengetahui apakah tanah tersebut termasuk kategori tanah ekspansif dan seberapa besar potensial pengembangan, di antaranya (Chen, 1975):

1. Identifikasi Mineralogi dengan cara difraksi sinar-X ; analisa diferensial termal ; analisa kimia dan Mikroskop Elektron.
2. Cara Tidak Langsung: Tanah ekspansif dapat diidentifikasi berdasarkan nilai indeks plastisitas seperti terlihat pada Tabel 1. (Chen, 1975) berikut ini :

Tabel 1. Hubungan Indeks Plastisitas terhadap Potensial Pengembangan (Chen, 1975)

Indeks Plastisitas (%)	Potensial Pengembangan
0-15	Rendah
15-35	Sedang
20-55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

3. Cara Langsung: Pengukuran pengembangan tanah ekspansif dengan cara langsung dapat dilakukan dengan menggunakan alat konsolidasi satu dimensi. untuk mengetahui angka

persentase pengembangan. Untuk mengetahui tingkat pengembangan suatu tanah ekspansif dapat dilihat pada Tabel 2. (Chen, 1975).

Tabel 2. Hubungan Persentase Pengembangan terhadap Tingkat Pengembangan (Chen, 1975)

Persentase Pengembangan (%)	Tingkat Pengembangan
100	Kritis
50 - 100	Batas
>50	Aman

Sifat yang menonjol dari tanah ekspansif adalah daya dukungnya yang sangat rendah, kekakuannya menurun drastis pada kondisi basah dan kembang susutnya sangat tinggi bila mengalami perubahan kadar air sehingga akan retak-retak pada kondisi kering dan mengembang pada kondisi basah. Hal ini disebabkan tanah ekspansif banyak mengandung mineral *montmorillonite* bermuatan negatif yang besar, menyerap air yang banyak dengan mengisi rongga pori sehingga tanahnya mengembang dan akibat selanjutnya adalah kekuatannya menurun drastis. Oleh karena itu salah satu cara untuk mengatasi perilaku tanah ekspansif yang kurang menguntungkan tersebut perlu dilakukan stabilisasi.

### Pengujian Tanah Lempung Ekspansif pada Laboratorium

Pada penelitian ini, diaplikasikan dalam sumbangan pemikiran tentang upaya perbaikan tanah. Oleh karena ini dilakukan beberapa pengamatan tentang karakteristik tanah lempung ekspansif, diantaranya sebagai berikut:

1. Uji *Free Swell* (ASTM D-4546-14)
2. Uji XRD (*X-Ray Diffraction*)
3. Uji Kadar Air (ASTM D-2216-98)
4. Uji Berat Jenis Agregat Halus (*Specific Gravity*) (ASTM D-854-02)
5. Uji Berat Isi (ASTM C-29)
6. Uji Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*) (ASTM D-4318-95)
7. Uji *Shrinkage Limit* (ASTM D-4943-08)
8. Analisa Ukuran Butir (*Grain Size & Hydrometer*)
  - a. *Hydrometer* (ASTM D-442-98)
  - b. *Grain Size* (ASTM D 4318-95)
9. Uji Standar Ptroctor (ASTM D-698-12)
10. Kuat Geser (ASTM D-2166-16)
11. *Swelling Test* (ASTM D-4546-14)

### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian pada tanah asli dilakukan pada tanah ekspansif tanpa campuran soda api, serta untuk tanah yang distabilisasi dengan campuran soda api pada kadar OMC dan melalui proses campuran soda api 7,5%. Penelitian ini meliputi pekerjaan persiapan, pekerjaan uji

laboratorium dan analisis terhadap hasil pengujian laboratorium.

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Jl. Godong– Purwodadi Km  $\pm$  49 Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Hasil penelitian tanah baik pada tanah asli maupun tanah stabilisasi dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Tanah Asli dan Tanah Stabilisasi

Pengujian	Nilai Tanah Asli				Nilai Tanah Stabilisasi			
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Rata-rata
Hasil Uji Mineralogi (%)	43,2				22,6			
Pengujian Indeks Properties								
a. Kadar Air (w) (%)	34,84	32,58		33,71	33,85	32,62		33,24
b. Berat Jenis (Gs)	2,6568	2,6568		2,6568	2,6568	2,6568		2,6642
c. Berat Isi (gr/cm <sup>3</sup> )	1,6309	1,6181		1,6245	1,6153	1,7530		1,7135
d. <i>Liquid Limit</i> (LL) (%)	75,10			75,10	96,8			96,8
e. <i>Plastic Limit</i> (PL) (%)	32,26			32,26	45,20			45,20
f. <i>Plasticity Index</i> (PI) (%)	42,84			42,84	51,60			51,60
g. <i>Shrinkage Limit</i> (SL) (%)	7,64			7,64	9,18			9,18
Analisa Lolos Saringan								
a. Saringan No.10 (%)	99,8			99,8	100			100
b. Saringan No.40 (%)	98			98	98,22			98,22
c. Saringan No.200 (%)	96			96	94,8			94,8
Komposisi Ukuran Partikel								
a. Pasir (%)	4			4	5,2			5,2
b. Lanau (%)	43,59			43,59	16,19			16,19
c. Lempung (%)	52,4			52,4	78,61			78,61
Activity	1,01			1,01	0,7573			0,7573
Kadar Air Optimum (%)	29,50			29,50				
Kuat Tekan Bebas								
a. Qu (gr/cm <sup>3</sup> )	1,6368	1,1361	1,5929	1,3657	1,2033	0,9718	0,8562	1,0104
b. Cu (gr/cm <sup>3</sup> )	0,8184	0,5680	0,7965	0,7276	0,6017	0,4856	0,4281	0,5051
Swelling Test								
a. <i>Swelling Potential</i> (%)	10,41	10,18	7,80	9,46	11,80	9,81	7,79	9,80
b. <i>Swelling Pressure</i> (kPa)	480	260	200	313,33	420	300	330	350

Berdasarkan dari Tabel 3 dapat dikatakan bahwa pengaruh dari penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% sebagai berikut:

### a. Hasil Uji Mineralogi

Dari hasil analisa XRD tanah asli didapat kandungan *montmorillonite* sebesar 43,2 % sedangkan untuk XRD tanah stabilisasi didapat kandungan *montmorillonite* sebesar 22,6 %.

b. Kadar Air (w)

Untuk kadar air pengaruh dari penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% mengalami penurunan 0,47%, dilihat dari hasil pengujian yaitu kadar air tanah asli sebesar 33,71% sedangkan untuk kadar air tanah campuran sebesar 33,24%. Menurut Chen (1975) perubahan volume tidak akan terjadi jika kadar air dalam suatu tanah tidak berubah, perubahan volume dapat terjadi apabila terjadi perubahan 1% – 2% kadar air. Dapat diperkirakan tidak adanya perubahan volume yang besar.

c. Berat Jenis (Gs)

Pada penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% menyebabkan berat jenis tanah lempung ekspansif semakin besar, dari 2,657 menjadi 2,664.

d. Berat Isi

Pada penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% menyebabkan berat isi tanah lempung ekspansif semakin besar, dari 1,6245 gr/cm<sup>3</sup> menjadi 1,7135 gr/cm<sup>3</sup>.

e. Batas-Batas *Atterberg*

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% menyebabkan semakin besar nilai batas cair (LL) dari 75,10% menjadi 96,80%, indeks plastisitas (PI) 32,26% menjadi 45,20%, menurut Chen (1975) pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8 dengan nilai LL > 60% dan PI > 35% memiliki tingkat pengembangan sangat tinggi. dilihat dari hasil penelitian maka tanah asli dan tanah penambahan larutan soda api (NaOH) 7,5% termasuk dalam tingkat pengembangan sangat tinggi.

f. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Untuk pengujian tanah asli dengan nilai SL = 7,64% dan tanah stabilisasi dengan nilai SL = 9,18%. Menurut Chen (1975) dari Tabel 2.8 dengan nilai SL < 11% memiliki tingkat pengembangan sangat tinggi.

g. Analisa Lolos Saringan

Hasil analisa saringan tanah lolos saringan no. 200  $\geq$  36% yakni sebesar 52,41% untuk tanah asli dan 78,61% untuk tanah stabilisasi. Tipe material yang dominan adalah tanah berlempung dengan penilaian biasa-jelek untuk dijadikan tanah dasar (subgrade). Menurut Chen (1975) dari Tabel 2.7 dengan lolos saringan no. 200 > 35% termasuk dalam tingkat pengembangan sangat tinggi, maka tanah asli dan tanah stabilisasi memiliki tingkat pengembangan sangat tinggi. Untuk tanah asli dan tanah stabilisasi tidak mengalami perubahan menurut Bowles (1991) pada Tabel 2.2, tanah termasuk dalam kelompok A-7 sub-kelompok A-7-6.

h. Komposisi ukuran partikel

Dengan nilai batas cair LL = 75,10% (tanah asli) dan LL = 96,8% (tanah stabilisasi) tanah dikategorikan memiliki plastisitas tinggi LL > 50. Nilai LL tersebut dengan nilai PI = 42,84% (tanah asli) dan PI = 51,60% (tanah stabilisasi) tanah lempung, menurut sistem klasifikasi USCS tanah merupakan tanah berbutir halus (fine-grained-soil) dimana lebih dari 50% berat total tanah lolos saringan No. 200. termasuk dalam kelompok CH yakni lempung organik dengan plastisitas tinggi atau lempung gemuk (fat clays).

i. *Activity*

Dengan nilai *Activity* sebesar 0,498 (tanah asli) dan 0,544 (tanah stabilisasi) menurut Bowles (1989) termasuk dalam kategori tanah normal.

j. Kuat Tekan Bebas

Pada pengujian tekan bebas didapatkan nilai tekan bebas semakin kecil dengan adanya penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% dalam tanah. Dilihat dari hasil pengujian terjadi penurunan nilai  $q_u$  dari 1,3657 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1,0104 kg/cm<sup>2</sup> dan penurunan nilai  $C_u$  dari 0,6017 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,5051 kg/cm<sup>2</sup>.



k. Pengembangan (*Swelling Test*)

Pada pengujian *swelling* menunjukkan penambahan larutan soda api (NaOH) sebesar 7,5% dalam tanah mengakibatkan semakin besar nilai *swelling potential* 9,46% menjadi 9,8% dan mengalami peningkatan pada nilai *swelling pressure* 295 kPa menjadi 340 kPa.

## KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisa yang dilakukan pada tanah lempung asli, maupun yang telah distabilisasi yang berasal dari Godong – Purwodadi Km ±49 Kabupaten Grobogan Jawa tengah, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa indeks propertis tanah asli dan tanah stabilisasi mengalami peningkatan, sedangkan hasil untuk pengujian kuat tekan bebas menunjukkan penurunan nilai  $q_u$  dan  $C_u$ .
2. Pada hasil pengujian *swell potential* dan *swell pressure* antara tanah asli dan tanah stabilisasi tidak mengalami perubahan yang signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Tugas Sudjianto., 2007, *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl)*. Skripsi. Malang.
- ASTM C-29., *Standard Test Method for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate*.
- ASTM D-422., 1998, *Test Method for Particle Size Analysis of Soils*.
- ASTM D-698., 2012, *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>))*
- ASTM D-854., 2002, *Test Method for Specific Gravity of Soils*, PT-03, SK DJ Pengaliran No. 185/KPTSA/ 1986.
- ASTM D-2166., 2016, *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*
- ASTM D-4318., 1995, *Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*.
- ASTM D-4546., 2014, *Standard Test Methods for One Dimensional Swell or Collapse of Soils*.
- ASTM D-4644., 1992, *Standard Test Method for Slake Durability of Shales and Other Similar Weak Rocks*, ASTM Designation D-4644-87, In ASTM Book of Standarts, Volume 4.08, Soil and Rock, Dimension Stones, Geosynthetics, ASTM, Philadelphia, Pa., pp. 951-953.
- ASTM D-2216., 1998, *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.
- Badan Standarisasi Nasional., 2008, *SNI 6424-2008 Cara Uji Potensi Pengembangan Atau Penurunan Suatu Dimensi Tanah Kohesif*. Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional., 1992, *SNI 03-2812-1992 Metode Pengujian Konsolidasi Tanah Satu Dimensi* : Badan Standarisasi Nasional, Bandung.
- Braja, M, Das., 1988, *Mekanika Tanah (terjemahan Noer Endah, Indra Surya, Mochtar)*, jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Braja, M, Das., 1988, *Mekanika Tanah (terjemahan Noer Endah, Indra Surya, Mochtar)*, jilid 1, Erlangga, Jakarta.

- Bowles, Joseph E., 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Erlangga : Jakarta.
- Chen, F.H., 1975, *Foundation on Expansive Soils*. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Hardiyatmo, Hary Christady., 1992, *Mekanika Tanah 1*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ingles, O.G., and Metccalf, J.B., 1972, *Soil Principle and Practice*. Buttherworths. Sydney.
- John Tri Hatmoko., 2007, *UCS Tanah Lempung Ekspansif Yang Distabilisasi Dengan Abu Ampas Tebu dan Kapur*. Skripsi. Yogyakarta.
- Punmia, B. C., 1970, *Soil Mechanics And Foundations*. New Delhi: Standard Book House.
- Seed, H. B., Wood Ward., R. J. Dan Lundgren. R., 1962, Prediction of Swelling Potential For Compacted Cly. *Jurnal of The Soil Mechanics and Foundations Division*. 88 (SM4): 107-131. American Society of Civil Engineers.
- Skempton, A.W., 1953, *The Colloid Activity of Clays, Procc of The 3th International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Zurtch.